

¿Debería existir un margen de tolerancia en los dispositivos electrónicos de **DETECCIÓN DE VELOCIDAD?**

Germán Covelli (gcovelli@cdtdegas.com)

Corporación CDT de GAS
Piedecuesta - Santander - Colombia



Esta Sección ha sido ideada para atender con responsabilidad social, las inquietudes de nuestros asiduos lectores; esperamos dar respuesta, en cada una de nuestros volúmenes, a aquellas personas que nos escriban a revistamyf@cdtdegas.com

Resumen:

En esta sección se brinda respuesta a la pregunta formulada por un lector de MET&FLU sobre si debería existir, o no, un margen de tolerancia en la medición realizada por los dispositivos electrónicos de detección de velocidad, más comúnmente conocidos como Cinemómetros. Se da respuesta a la pregunta con base en la aplicación de los conceptos de EMP (Error Máximo Permisible) e Incertidumbre de medida.

1. INTRODUCCIÓN.

La seguridad vial involucra el desarrollo de estrategias que permitan reducir los altos índices de siniestralidad, como por ejemplo la implementación de regulaciones y campañas que tienen como finalidad aumentar el grado de responsabilidad de los usuarios de la vía pública. Según el BID (Banco Interamericano de Desarrollo), “más de 1,2 millones de personas mueren cada año en las carreteras de todo el mundo y, aproximadamente 50 millones de personas sufren lesiones no mortales” [1]. Así mismo, se ha identificado que “el exceso de velocidad es uno de los mayores problemas de seguridad vial y un factor determinante en alrededor del 30% de los accidentes mortales de tráfico” [2].

En Colombia, según lo establece la Ley 1383 de 2010 [3], al igual que en países de la Unión Europea como España, y de América como Estados Unidos, Argentina, Brasil y Perú, se ha implementado el uso de aparatos para el control de velocidad de circulación de vehículos a motor, conocidos como cinemómetros. Sin embargo desde su implementación, se ha generado algún tipo de controversia asociado a la diferencia en los resultados de la medición realizada por el cinemómetro, cuando se compara contra la indicación del tacómetro que utiliza el conductor del vehículo como referencia de velocidad.

Lo anterior se debe, a que los cinemómetros y los tacómetros, como todo instrumento de medición, tienen asociado un error (sistemático y aleatorio) en la indicación de la velocidad medida. Precisamente en metrología legal los criterios de conformidad para el uso de los cinemómetros, corresponden a la aprobación de modelo y a la evaluación del EMP (Error Máximo Permissible), según sea el tipo de cinemómetro, el tipo de instalación y el método de calibración (móvil simulado o real). Para explicar el concepto se dividirá el análisis en dos partes: la primera asociada a la Evaluación de la Conformidad del Cinemómetro, y en segundo lugar, al Uso que se le dé al Resultado de sus Mediciones.

2. EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE LOS CINEMÓMETROS

Como se mencionó en la introducción, un cinemómetro es clasificado como conforme, y puede ser utilizado confiablemente por los usuarios finales, cuando cumple con la aprobación de modelo y con el control metrológico.

La “aprobación de modelo” de un instrumento de medición “es un procedimiento mediante el cual, a través de pruebas técnicas y ensayos, se verifica

que las condiciones mecánicas, de construcción, de uso y funcionamiento de un instrumento, garantizan la -exactitud- de las mediciones, y además que esa -exactitud- se va a conservar razonablemente en el tiempo de uso del instrumento, de acuerdo con requisitos específicos establecidos en las normas correspondientes. Esta aprobación de modelo constituye una autorización de comercialización por parte de la autoridad, de los instrumentos de medición controlados en el país, tanto de fabricación nacional como importados” [4]

En el control metrológico se verifica el EMP. En general, el EMP de un instrumento de medición es el valor extremo del error permitido para el instrumento dado, establecido en especificaciones, reglamentos, etc. En Colombia, la SIC (Superintendencia de Industria y Comercio) “(...) es la entidad competente para expedir reglamentos técnicos metrológicos para instrumentos de medición sujetos a control metrológico” [5].

¿En qué consiste la Verificación de un Cinemómetro?



Figura 1. INTI verificando cinemómetros en autódromo
(Fuente: <http://www.inti.gob.ar/noticiero/2013/noticiero376.htm>).

La verificación es un paso posterior a la calibración. Sin calibración no es posible la verificación. Para realizar la verificación se requiere un criterio (EMP) a evaluar y una información objetiva sobre la cual basarse (calibración) para decidir si el criterio se cumple o no se cumple.

La SIC y los organismos de control enmarcados en labores de metrología legal no necesariamente son los mismos que calibran pues esta labor puede estar en manos de los laboratorios acreditados y los INM. La actividad que si es exclusiva de los entes de control o de quienes éstos designen es la verificación del cumplimiento de los requisitos estipulados basándose en los resultados de los laboratorios.

Entonces, la calibración de un cinemómetro consiste “(...) en determinar la curva de error en función de la velocidad, en condiciones de velocidad simulada o de tráfico real, comenzando en la velocidad mínima, en el alcance establecido,

hasta la velocidad máxima permitida en el lugar de instalación o verificación(...)” [6]. Según los reglamentos técnicos consultados, “los cinemómetros deberán calibrarse en lapsos no superiores a un año, debiéndose conservar sus registros. Dicha calibración se realiza de acuerdo con las características del cinemómetro, tanto en laboratorio como en campo” [7].

¿Cuál deber ser el Error Máximo Permissible (EMP) en los cinemómetros?

Para entrar en contexto, en la Tabla 1, se presenta información referente a reglamentos técnicos establecidos en algunos países tomados como referencia para este estudio, y el EMP establecido en dichos reglamentos. Para efectos del presente artículo, solo se muestra el EMP aplicado en procesos de verificación periódica.

En la información que se encuentra disponible en la página WEB de la SIC [10] consultada para este estudio en agosto de 2014, no se encontró una referencia técnica en donde se especifiquen límites que apliquen para Colombia con el fin de llevar a cabo esta actividad.

País	España	Argentina	Perú	Brasil
Reglamento	Orden ITC/3123/2010 [8].	Resolución 753/98 [7].	NMP013:2010 [6].	Portaria n.º 115/98 [9].
EMP en Laboratorio (Simulación)	± 2,0 km/h para V ≤ 200 km/h. ± 3,0 km/h para V > 200 km/h	± 3,0 km/h para V ≤ 100 km/h. ± 3,0 % para V > 100 km/h	± 5,0 km/h para V ≤ 100 km/h. ± 5,0 % para V > 100 km/h	± 5,0 km/h para V ≤ 100 km/h. ± 5,0 % para V > 100 km/h
EMP en sitio (trafico real)	Fijo o estático: ± 5,0 km/h para V ≤ 100 km/h. ± 5,0 % para V > 100 km/h Móvil: ± 7,0 km/h para V ≤ 100 km/h. ± 7,0 % para V > 100 km/h	± 3,0 km/h para V ≤ 100 km/h. ± 3,0 % para V > 100 km/h	± 7,0 km/h para V ≤ 100 km/h. ± 7,0 % para V > 100 km/h	± 7,0 km/h para V ≤ 100 km/h. ± 7,0 % para V > 100 km/h

Tabla 1. Reglamentación metrológica de cinemómetros y EMP en países referentes para este estudio.

Al analizar el contenido de la Tabla 1, es claro que en dichos países, para obtener el EMP de cada cinemómetro, éste debe ser calibrado y las diferencias encontradas entre las velocidades medidas por el cinemómetro y las del sistema de referencia (patrón), corresponderán a los errores de indicación del instrumento, como se muestra en la Ecuación 1.

$$Error = I_{instrumento} - I_{patrón} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

$I_{instrumento}$: Indicación del cinemómetro en calibración [km/h].

$I_{patrón}$: Indicación del cinemómetro patrón [km/h].

En este sentido, y desde la óptica metrológica, la evaluación de conformidad de cada cinemómetro se deberá realizar teniendo en cuenta que los errores obtenidos en la calibración del equipo, sean verificados con respecto a los criterios propuestos en la Ecuación 2 y 3, los cuales deberán satisfacer los EMP y las incertidumbres, tal como se explicará a continuación en el numeral 3.

Límite inferior	$EMP(-) < y - U$	Ecuación 2
Límite superior	$EMP(+) > y + U$	Ecuación 3

Tabla 2. Criterio de Evaluación de Conformidad [11].

Dónde:

EMP (-): Límite inferior del EMP.

EMP (+): Límite superior del EMP.

U: Incertidumbre global expandida.

y: Error del instrumento a la indicación dada.

3. APOORTE DE LA INCERTIDUMBRE DE LA CALIBRACIÓN EN EL USO DE CINEMÓMETROS

De acuerdo con la interpretación que puede darse del artículo escrito por JOS G.M. VAN DER GRITEN, del NMI de Holanda [12], cuando se utilizan los resultados de la medición de un cinemómetro para determinar -por parte de la autoridad competente- si se violan los límites de velocidad establecidos, existe un riesgo asociado sobre tal decisión, en razón a que los equipos poseen errores inherentes a su propia naturaleza tecnológica. Para explicar su impacto Van Der Griten recomienda aplicar el concepto de la Incertidumbre de la calibración del cinemómetro para mitigar tal efecto.

¿En qué consiste la Incertidumbre de la Calibración de un Instrumento de Medición?

Según el VIM (Vocabulario Internacional de Metrología) la incertidumbre se define como el “(...) parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando (...)” [13]. En otras palabras, es la duda que existe respecto al resultado medido, la cual puede ser asociada a “(...) componentes procedentes de efectos sistemáticos, tales como componentes asociados a correcciones y a valores asignados a patrones (...)” [13].

¿Cómo se aplica la Incertidumbre de la Calibración?

Basado en la información del EMP, “(...) la incertidumbre del instrumento de control de velocidad se obtiene suponiendo una distribución rectangular. La relación entre el EMP y la incertidumbre estándar se obtiene de la GUM” [12].

Entonces:

$$u_s = MPE / \sqrt{3} \quad \text{Ecuación 4}$$

Y la incertidumbre expandida (k=2) es:

$$U_{k=2} = 2 \cdot MPE / \sqrt{3} \quad \text{Ecuación 5}$$

De acuerdo con la referencia [12], en la Tabla 3 se muestra la relación entre el EMP y la aplicación de la incertidumbre de medición. Este concepto se aplica, a manera de explicación, para los límites establecidos en la reglamentación metroológica de los países tomados como referencia de este estudio, y que se mostraron en la Tabla 1.

4. ENTONCES... ¿DEBERIA EXISTIR UN MARGEN DE TOLERANCIA EN LA VELOCIDAD MEDIDA POR LOS CINEMOMETROS?

Sí, y por supuesto esta respuesta se constituye en la base del inicio de una discusión tecnológica, ya que la decisión de emitir una multa por exceso de velocidad, debería realizarse con el mayor grado de confianza y con la menor posibilidad de riesgo en aras de mantener la transparencia institucional.

Para brindar mayor claridad a nuestros lectores, nos apoyaremos en la Figura 2, en la cual se presentan cuatro casos de control de velocidad medidos con un cinemómetro. En el eje x se muestra la velocidad relativa correspondiente al exceso de velocidad medido. Para cada uno de los casos se observa la velocidad y la incertidumbre expandida (k=2).

Para el caso 1, de acuerdo con la indicación del cinemómetro el vehículo se desplaza a una velocidad menor a la indicada por el límite de velocidad. Sin embargo, debido a la incertidumbre, existe una pequeña probabilidad de que el vehículo sea detectado como infractor. Para el caso 2, esta probabilidad es de aproximadamente el 50%. Para el caso 3, a pesar de que la indicación del cinemómetro muestre que el vehículo excede el límite de velocidad, todavía existe una probabilidad estadística de que no lo esté excediendo. Para el caso 4, según la indicación del cinemómetro el vehículo está excediendo el límite de velocidad, inclusive considerando su incertidumbre asociada (generalmente contemplando un nivel de cobertura del 95%), es decir que en este último caso se puede establecer que el vehículo, es infractor con un nivel de confianza alto, permitiendo la toma de decisiones prácticamente inapelables en términos estadísticos.

Alcance	MPE	Incertidumbre estándar U_s	Incertidumbre expandida $U(k=2)$
0 - 100 km/h	± 3,0 km/h	1,73 km/h	3,46 km/h
	± 5,0 km/h	2,89 km/h	5,77 km/h
	± 7,0 km/h	4,04 km/h	8,08 km/h
> 100 km/h	± 3,0%	1,73 %	3,46 %
	± 5,0%	2,89 %	5,77 %
	± 7,0%	4,04 %	8,08 %

Tabla 3. Relación entre MPE y la incertidumbre de medición. (Fuente: tabla 1 tomada de la referencia [12] y editada por el autor).

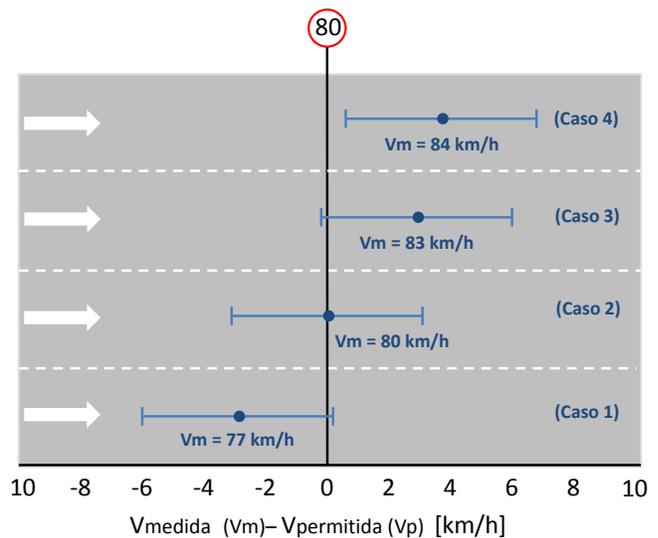


Figura 2. Cuatro casos de ejemplo de exceso de velocidad e incertidumbre (k=2) - (Fuente: imagen tomada de la referencia [12] y editada por el autor).

5. GRADO DE PROBABILIDAD Y RIESGO EN LA DETERMINACIÓN DE VEHICULOS INFRACTORES

Como se explicó anteriormente el riesgo que se asume, al aplicar una multa por exceso de velocidad se basa en los conceptos de EMP y estimación de incertidumbre presentados en la referencia [12]. Suponiendo que el límite de velocidad establecido para el tramo es de 80 km/h y que el EMP reglamentado es de ± 3,0 km/h, la Tabla 4 presenta la evaluación de la probabilidad de que el vehículo este excediendo el límite de velocidad y el riesgo que se asume en la decisión de imponer la infracción.

En donde:

Vobs: velocidad observada por el cinemómetro [km/h]

Vrel: velocidad relativa de exceso de velocidad expresada como múltiplo de la incertidumbre estándar.

P: Probabilidad de que el conductor está excediendo el límite de velocidad.

R: Riesgo de una decisión errónea si se da al conductor una infracción por exceso de velocidad.

Vobs	Vrel	P	R
80,63	0,36	83,2%	16,8%
81,73	1,00	84,1%	15,9%
82,84	1,64	95,0%	5,0%
83,39	1,96	97,5%	2,5%
83,46	2,00	97,7%	2,3%
84,03	2,33	99,0%	1,0%
85,19	3,00	99,9%	0,1%

Tabla 4. Grado de confianza y riesgo para los casos presentados en la Figura 2. (Fuente: tabla 2 tomada de la referencia [11] y editada por el autor).

6. CONCLUSIONES

- Se puede concluir, que la aplicación del análisis de incertidumbre de medición, corresponde a la práctica recomendada y aplicada internacionalmente para brindar alto grado de confianza, y mínimo riesgo, cuando se utilizan cinemómetros para el control de velocidad en carretera. A partir de la incertidumbre se deriva el margen de tolerancia preguntado por el lector de MET&FLU, dependiendo del nivel riesgo tolerable en la toma de decisiones erróneas (falsos positivos) acerca de una posible infracción.
- Se observa que cuanto mayor sea el EMP reglamentado en cada país para el control metrológico de cinemómetros, mayor será la incertidumbre en la medida realizada por dichos cinemómetros, y por ende sería necesario usar un mayor margen de tolerancia para evitar la toma de decisiones erróneas (falsos positivos) en cuanto a las posibles infracciones.
- Es necesario que a la mayor brevedad posible se establezcan en Colombia la estrategia para brindar trazabilidad a los cinemómetros, los EMP para estos instrumentos y el margen o márgenes de tolerancia para que las autoridades tomen decisiones con bajo riesgo de incurrir en errores.
- Por último, mientras en el país no se logre consolidar lo que hemos mencionado en la conclusión “c”, la mejor opción para evitar ser multado, es conducir al menos de 5 km/h a 7 km/h por debajo del límite de velocidad establecido.

7. REFERENCIAS

[1] BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. [Fecha de consulta: 12 agosto 2014]. Disponible en: <http://www.iadb.org/es/temas/transporte/acerca-de-la-estrategia,6726.html>.

[2] COMISIÓN EUROPEA. [Fecha de consulta: 12 agosto 2014]. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/behaviour/speeding/index_es.htm

3. REPUBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Ley 1383 de 2010, “Por la cual se reforma la Ley 769 de 2002 - Código Nacional de Tránsito, y se dictan otras disposiciones”.

4. Superintendencia de Industria y Comercio - SIC. [Fecha de consulta: 26 de agosto 2014]. Disponible en: <http://www.sic.gov.co/drupal/metrologia-legal>

5. REPUBLICA DE COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 1471 de 2014, “Por el cual se reorganiza el Subsistema de la Calidad y se modifica el Decreto 2269 de 1993”.

6. SERVICIO NACIONAL DE METROLOGIA - INDECOPI. Norma Metrológica Peruana NMP 013:2010 “Instrumentos destinados a medir velocidad de circulación de vehículos a motor. Cinemómetros” 1era Edición. 2010-08-08.

7. REPUBLICA DE ARGENTINA. SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y MINERIA. Resolución 753/98. “Establécese la reglamentación Metrológica y Técnica de cinemómetros”.

8. GOBIERNO DE ESPAÑA. MINISTERIO DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Orden ITC/3123/2010, de 26 de noviembre. “Por la cual se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a medir la velocidad de circulación de vehículos a motor”.

9. MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, DO COMÉRCIO E DO TURISMO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. Portaria n.º 115, de 29 de junho de 1998. “estabelecer as condições mínimas a quedeven satisfazer os medidores de velocidade para veículos automotivos utilizados nas medições”

10. Superintendencia de Industria y Comercio - SIC. [Fecha de consulta: 26 de agosto 2014]. Disponible en: <http://www.sic.gov.co/drupal/normatividad>

11. UNE-EN ISO 14253-1, (1999): “Especificación geométrica de productos (GPS). Inspección mediante medición de piezas y equipos de medida. Parte 1: Reglas de decisión para probar la conformidad o no conformidad con las especificaciones”.

12. JOS G.M. VAN DER GRITEN, NMi Certin B.V., Dordrecht, The Netherlands: “Confidence levels of the measurement-based decisions”. OIML Bulletin. Volume XLIV, Number 3. July 2003.

13. BIPM. “International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)”. JCGM 200:2008.